



Web Jurnal:  
<http://ejournal.kemenperin.go.id/jli>

**Jurnal Litbang Industri**

| p-ISSN: 2252-3367 | e-ISSN: 2502-5007 |



## Biosorben cangkang pensil (*Corbicula molitkiana*) sebagai penyerap zat warna metanil yellow ditinjau dari pH dan model kesetimbangan adsorpsi

### *Pensi shell (Corbicula molitkiana) as a biosorbent for metanil yellow dyes removal: pH and equilibrium model evaluation*

Rahmiana Zein<sup>\*1</sup>, Putri Ramadhani<sup>2</sup>, Hermansyah Aziz<sup>3</sup>, Refilda Suhaili<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Laboratorium Kimia Analisis Lingkungan, Jurusan Kimia FMIPA Universitas Andalas

Limau Manis, Pauh, Kota Padang, Sumatera Barat, Indonesia

<sup>2</sup> Program Pascasarjana, Jurusan Kimia FMIPA Universitas Andalas

Limau Manis, Pauh, Kota Padang, Sumatera Barat, Indonesia

<sup>3</sup> Laboratorium Kimia Fisika, Jurusan Kimia FMIPA Universitas Andalas

Limau Manis, Pauh, Kota Padang, Sumatera Barat, Indonesia

<sup>4</sup> Laboratorium Kimia Terapan, Jurusan Kimia FMIPA Universitas Andalas

Limau Manis, Pauh, Kota Padang, Sumatera Barat, Indonesia

\* e-mail: rzein@sci.unand.ac.id



#### INFO ARTIKEL

##### Sejarah artikel:

Diterima:

1 Februari 2019

Direvisi:

23 April 2019

Diterbitkan:

28 Juni 2019

##### Kata kunci:

adsorpsi;

cangkang pensil;

isoterm;

metanil yellow;

batch

#### ABSTRAK

Penelitian cangkang pensil (*Corbicula molitkiana*) sebagai penyerap zat warna metanil yellow telah dilakukan dengan sistem batch. Kondisi optimum penyerapan terjadi pada pH 4 dan konsentrasi awal 100 mg/L. Proses adsorpsi terjadi mengikuti model isoterm Langmuir dengan nilai  $R^2$  adalah 0,886 pada monolayer dengan kapasitas adsorpsi maksimum ( $q_{max}$ ) diperoleh 2,591 mg/g. Hasil analisis gugus fungsi cangkang pensil dengan FTIR menunjukkan adanya interaksi antara molekul zat warna metanil yellow dan gugus fungsi. Analisis morfologi permukaan cangkang pensil menggunakan SEM menunjukkan bahwa pori-pori cangkang pensil telah diisi oleh molekul zat warna metanil yellow. Cangkang pensil dapat digunakan sebagai bahan penyerap zat warna metanil yellow di dalam larutan.

#### ABSTRACT

The study of the Pensi Shell (*Corbicula molitkiana*) to adsorb metanil yellow (MY) dyes has been investigated. This study was determined by batch system. The optimum conditions of metanil yellow dyes adsorption occurred at pH 4 and initial concentration 100 mg/L. The adsorption process was properly described by Langmuir isotherm model which was indicated by the value of  $R^2=0,886$ . This confirmed that the adsorption process was monolayer with maximum adsorption capacity ( $q_{max}$ ) was 2,591 mg/g. Functional groups analysis by FTIR showed the interactions MY molecule on pensil shell functional groups. Analysis of morphology surface of pensil shell by SEM indicated that the pore was filled by MY molecules. Pensi shell could be used as adsorbent of metanil yellow dyes in aqueous solution.

##### Keywords:

adsorption;

pensi shell;

isotherm;

metanil yellow;

batch

© 2019 Penulis. Dipublikasikan oleh Baristand Industri Padang. Akses terbuka dibawah lisensi CC BY-NC-SA

#### 1. Pendahuluan

Penanganan sistem pembuangan limbah industri yang tidak terkontrol menyebabkan lingkungan tercemar oleh bahan-bahan berbahaya seperti zat warna. Pembuangan limbah zat warna secara berlebihan berasal

dari aktivitas industri tekstil, kertas, pupuk, cat, dan pigmen (Sulyman et al., 2017). Aktivitas industri ini sering melepaskan limbah zat warna dalam konsentrasi tinggi yang dapat masuk melalui rantai makanan sehingga berdampak buruk bagi kesehatan manusia (Contreras et al., 2012).

Molekul zat warna terdiri dari dua gugus yaitu kromofor dan auksokrom. (Saba et al., 2016). Salah satu jenis gugus kromofor yaitu gugus azo ( $-N=N-$ ). Jenis zat warna yang mengandung gugus azo ini merupakan zat warna komersial dan serbaguna yang diaplikasikan sekitar 70% dalam industri di seluruh dunia (Benkhaya et al., 2017). Namun, keberadaan gugus fungsi ini menyebabkan zat warna sulit terdegradasi secara alami di lingkungan sehingga berdampak buruk pada organisme air dengan menghalangi sinar matahari, memperlambat aktivitas fotosintesis dan menciptakan kondisi anaerob yang membatasi pertumbuhan biota air (Daniel et al., 2013). Selain itu, juga berdampak buruk terhadap kesehatan manusia seperti alergi, iritasi kulit, disfungsi ginjal, hati, otak, reproduksi, dan sistem syaraf (Zein et al., 2015).

*Metanil yellow* merupakan salah satu jenis zat warna yang mengandung gugus azo dan sering digunakan dalam proses pencelupan serat, nilon, wol dan sutra. Aplikasi zat warna azo yang cukup tinggi di industri jika tidak dikelola dengan tepat tentu akan berdampak buruk terhadap kesehatan dan lingkungan. Maka dari itu, perlu dilakukan pengolahan limbah terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan agar pencemaran lingkungan dapat diminimalisir.

Beberapa metode konvensional telah digunakan untuk pengolahan limbah zat warna seperti koagulasi, elektrokimia, *reverse osmosis*, filtrasi nano, dan lain-lain (Gupta and Suhas, 2009). Namun metode tersebut memiliki kekurangan seperti kurang efisien dan mahal dalam proses pengolahannya (Sulyman et al., 2017). Salah satu proses pengolahan limbah zat warna yang saat ini berkembang yaitu metode adsorpsi. Metode ini paling banyak digunakan karena metode ini aman, tidak memberikan efek samping yang membahayakan kesehatan, peralatan yang digunakan sederhana dan murah, mudah pengerjaannya, dapat didaur ulang, efisien dan ekonomis (Sivakumar and Palanisamy, 2009). Metode adsorpsi yang saat ini sedang berkembang yaitu biosorpsi. Metode ini menggunakan adsorben alami yang berasal dari tumbuhan maupun hewan (biosorben) seperti limbah pertanian dan perikanan yang lebih ramah lingkungan, efisiensi tinggi dan mudah diperoleh sehingga dapat mengurangi limbah padat organik (Zein et al., 2015, 2010).

Beberapa penelitian mengenai pemanfaatan biosorben dari limbah padat organik untuk menyerap berbagai zat warna telah dilakukan seperti serbuk gergaji (Sushmita and Chattopadhyaya, 2017), biji buah apricot (Albroomi et al., 2017), biji manga (Alencar et al., 2012), biji dawet (Rehman et al., 2012), biji jeruk (Jeyajothi, 2014), biji durian (Chaidir et al., 2015b), biji sirsak (Chaidir et al., 2015a; Fauzia et al., 2015), kulit melon (Djelloul and Hamdaoui, 2015), biji rambutan (Zein et al., 2015), tulang ikan (Ribeiro et al., 2015), siput laut (Messaudi et al., 2016), cangkang kepiting (Ravi et al., 2015) dan kulit udang (Khedr et al., 2013).

Pensi (*Corbicula molitkiana*) adalah sejenis kerang air tawar tetapi memiliki ukuran tubuh lebih kecil. Habitat binatang ini sudah ada yang menyebar ke sungai-sungai kecil di sekitar Danau Maninjau dan Singkarak (Zeswita and Safitri, 2015). Berdasarkan hasil

penelitian sebelumnya membuktikan bahwa cangkang pensi mengandung oksida logam dan gugus fungsi (hidroksil, karboksil, karbonil, amina, dan lainnya) yang akan berinteraksi dengan molekul zat warna dan ion logam (Zein et al., 2018). Oleh karena itu, penelitian ini mempelajari kemampuan cangkang pensi sebagai adsorben zat warna *metanil yellow* dengan metode *batch*. Hasil penelitian ini diharapkan bermanfaat sebagai bahan acuan dan informasi penting dalam penelitian lanjutan tentang pemanfaatan limbah perikanan sebagai penyerap zat warna dalam limbah industri.

## 2. Metode

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah cangkang pensi (*Corbicula molitkiana*) yang berasal dari Danau Singkarak Sumatera Barat, zat warna *metanil yellow* (MY), akuades,  $HNO_3$  p.a (Merck), NaOH teknis (Merck), Asam Sitrat ( $C_6H_8O_7$ ) (Merck), Natrium Sitrat dihidrat ( $C_6H_5Na_3O_7 \cdot 2H_2O$ ) (Merck), Asam Asetat ( $CH_3COOH$ ) (Merck), Natrium Asetat ( $CH_3COONa$ ) (Merck), Natrium Pospat monobasic ( $NaH_2PO_4$ ) (Merck), Natrium Pospat dibasic ( $Na_2HPO_4$ ) (Merck) dan kertas saring.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah neraca analitik (Kern & Sohn GmbH), pH meter (Metrohm), *rotary shaker* (Edmun Buhler 7400 Tübingen), oven (Mettler), *crusher* (Fritsch, Germany), *mortar grinding* (Fritsch, Germany), FTIR (Umicore Mattson Mod 7000 FTIR), SEM (Hitachi S-3400N), XRF (PANalytical Epsilon 3), XRD (PANalytical XPERT-PRO), Spektrofotometer UV-Vis (Genesys 20 Thermo Scientific), dan peralatan gelas kimia lainnya.

### 2.1. Persiapan biosorben

Cangkang Pensi (*Corbicula molitkiana*) dicuci dengan air, dikeringkan pada suhu kamar, digiling dan diayak (ukuran partikel  $\leq 160 \mu m$ ). Kemudian, 25 g serbuk cangkang pensi diaktivasi dengan merendam serbuk dalam 100 mL  $HNO_3$  0,01 M selama 3 jam, setelah itu dicuci dengan akuades hingga pH netral dan kemudian dikering-anginkan (Zein et al., 2018).

### 2.2. Persiapan larutan *metanil yellow*

Larutan stok zat warna *metanil yellow* 1000 mg/L dibuat dengan melarutkan 0,25 g zat warna *metanil yellow* (MY) dalam 250 mL akuades. Larutan standar dibuat dengan pengenceran zat warna *metanil yellow* pada berbagai konsentrasi (5-150 mg/L) (Zein et al., 2015).

### 2.3. Penentuan nilai pH muatan titik nol ( $pH_{pzc}$ )

Penentuan nilai  $pH_{pzc}$  dilakukan dengan mengontakkan 0,1 gram biosorben dengan 50 mL KCl 0,1 M. pH awal disesuaikan dari nilai pH 1 hingga 8 dengan penambahan  $HNO_3$  atau NaOH. Kemudian diaduk menggunakan *shaker* selama 24 jam. Nilai pH akhir larutan dicatat dan perbedaan antara nilai pH awal

dan akhir,  $\Delta pH$  ( $pH_f - pH_i$ ), diplot versus  $pH_i$ . Titik perpotongan kurva ini menghasilkan titik muatan nol ( $pH_{pzc}$ ) (Reddy et al., 2012).

## 2.4. Studi biosorpsi

Penelitian biosorpsi dengan metode *batch* dilakukan untuk menyelidiki pengaruh pH (3-8) dan konsentrasi awal zat warna (15-150 mg/L). pH larutan diatur dengan menambahkan  $HNO_3$  atau  $NaOH$  dan larutan buffer pada pH larutan yang sesuai yang ditempatkan dalam erlenmeyer 25 mL. Erlenmeyer diletakkan pada *shaker* dengan kecepatan pengadukan 100 rpm selama 90 menit. Kemudian larutan dipisahkan dari biosorben dengan menggunakan kertas saring. Setelah itu, konsentrasi akhir ditentukan dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 435 nm. Kapasitas adsorpsi biosorben ( $q$ , mg/g) dihitung dengan persamaan 1.

$$q = \frac{(C_0 - C_e)V}{m} \quad (1)$$

di mana  $C_0$  adalah konsentrasi awal zat warna;  $C_e$  adalah konsentrasi zat warna dalam keadaan kesetimbangan dalam larutan (mg/L);  $V$  adalah volume larutan (L);  $m$  adalah jumlah biomassa (g) (Chaidir et al., 2015b).

## 2.5. Penentuan isoterm adsorpsi

Isoterm adsorpsi merupakan pendekatan yang sangat penting untuk menggambarkan bagaimana adsorbat didistribusikan antara fase cair dan padat. Dalam penelitian ini, model isoterm Langmuir dan Freundlich digunakan untuk menggambarkan data kesetimbangan adsorpsi. Persamaan isoterm adsorpsi Langmuir dapat dituliskan sesuai persamaan 2.

$$\frac{1}{q_e} = \frac{1}{k_L q_m C_e} \quad (2)$$

Dimana  $C_e$  adalah konsentrasi zat warna dalam keadaan kesetimbangan dalam larutan (mg/L),  $q_m$  adalah kapasitas adsorpsi monolayer maksimum biosorben (mg/g),  $q_e$  adalah kapasitas penyerapan saat kesetimbangan (mg/g) dan  $K_L$  adalah konstanta adsorpsi Langmuir (L/mg) yang berhubungan dengan energi bebas adsorpsi.

Isoterm adsorpsi Langmuir mempunyai karakteristik tersendiri dalam menentukan baik atau tidaknya suatu adsorpsi yang dinyatakan sebagai parameter kesetimbangan ( $R_L$ ) yang dinyatakan oleh Persamaan 3:

$$R_L = \frac{1}{1 + (K_L \times C_0)} \quad (3)$$

Jika  $R_L > 1$ , proses adsorpsi tidak menguntungkan, jika  $0 < R_L < 1$ , proses adsorpsi menguntungkan, jika  $R_L = 1$ , proses adsorpsi linier, sedangkan  $R_L = 0$ , proses adsorpsi irreversibel (Inyinbor et al., 2015).

Persamaan model isoterm Freundlich diungkapkan seperti persamaan 4.

$$\log q_e = \log K_f + \frac{1}{n} \log C_e \quad (4)$$

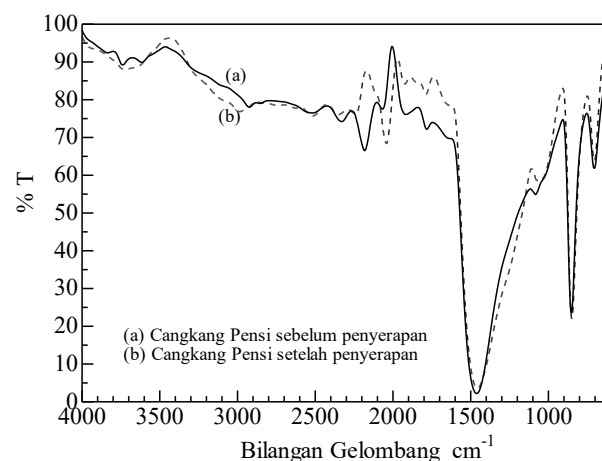
di mana  $q_e$  adalah jumlah adsorbat pada adsorben pada kesetimbangan (mg/g),  $C_e$  adalah konsentrasi adsorbat dalam larutan pada kesetimbangan (mg/L).  $K_f$  dan  $n$  adalah konstanta freundlich.

## 3. Hasil dan pembahasan

### 3.1. Karakterisasi biosorben

Karakterisasi cangkang pensi menggunakan *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) dilakukan pada kisaran angka gelombang 4000-400  $cm^{-1}$ . Analisis spektra FTIR penting dilakukan untuk mengidentifikasi gugus-gugus fungsi dari cangkang pensi yang terlibat dalam proses adsorpsi zat warna *metanil yellow* (MY) dan untuk memprediksi mekanisme penyerapan antara cangkang pensi dengan MY.

Berdasarkan Gambar 1 dapat dilihat bahwa cangkang pensi mengandung beberapa jenis gugus fungsi. Pada cangkang pensi sebelum penyerapan muncul puncak pada angka gelombang 3739  $cm^{-1}$  yang menunjukkan keberadaan gugus O-H, gugus C-H *stretching* pada 2924  $cm^{-1}$ , gugus C=O (karboksil) pada 2518  $cm^{-1}$ , gugus Si-H pada 2330  $cm^{-1}$ , gugus C≡C alkyne pada 2182  $cm^{-1}$  dan gugus C=O (karbonil) dalam amida pada 1782  $cm^{-1}$ . Munculnya puncak pada angka gelombang 1461  $cm^{-1}$  yaitu gugus C=O *stretching* dan gugus C-O *stretching* pada 1083  $cm^{-1}$ , 852  $cm^{-1}$  dan 706  $cm^{-1}$  menunjukkan puncak khas yang mewakili  $CO_3^{2-}$  dari senyawa aragonit ( $CaCO_3$ ) (Elamari et al., 2017; Islam et al., 2012).



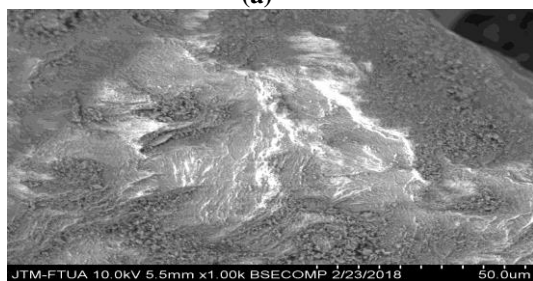
Gambar 1. Spektrum FTIR cangkang pensi sebelum penyerapan zat warna *metanil yellow* (a) dan setelah penyerapan zat warna *metanil yellow* (b).

Spektrum FTIR menunjukkan pergeseran angka gelombang setelah proses biosorpsi seperti pada gugus fungsi O-H, gugus fungsi C-H, gugus fungsi Si-H, gugus fungsi C=O karboksil gugus fungsi C≡C alkyne) dan gugus fungsi C=O karbonil. Gugus fungsi yang mewakili puncak khas  $CO_3$  juga terjadi pergeseran yaitu gugus fungsi C=O *stretching*, gugus fungsi C-O *stretching*, gugus fungsi C-N dan gugus fungsi C-C.

Terjadinya pergeseran pada puncak penyerapan umumnya menunjukkan adanya interaksi antara zat warna *metanil yellow* dengan biosorben (Zein et al., 2015). Pergeseran angka gelombang yang tidak signifikan dapat mengindikasikan bahwa telah terjadinya interaksi antara molekul zat warna dengan gugus aktif yang terdapat pada biosorben. Berdasarkan interpretasi spektrum FTIR di atas dapat disimpulkan bahwa gugus-gugus fungsi dalam cangkang pensil berperan aktif dalam proses penyerapan zat warna *metanil yellow* seperti gugus karboksil, karbonil, amina dan karbonat.

Gambar 2 (a) adalah gambar SEM dari permukaan biosorben yang telah diaktivasi dengan  $\text{HNO}_3$  (sebelum adsorpsi). Aktivasi dengan  $\text{HNO}_3$  bertujuan untuk mengoptimalkan adsorpsi, karena proses aktivasi dapat menghilangkan zat pengotor dan untuk membuka pori-pori biosorben.

Berdasarkan Gambar 2 (a) dapat dilihat bahwa permukaan biosorben memiliki rongga atau pori-pori. Pori-pori tersebut bertindak sebagai media tempat proses adsorpsi MY berlangsung sehingga konsentrasi MY berkurang dalam larutan.



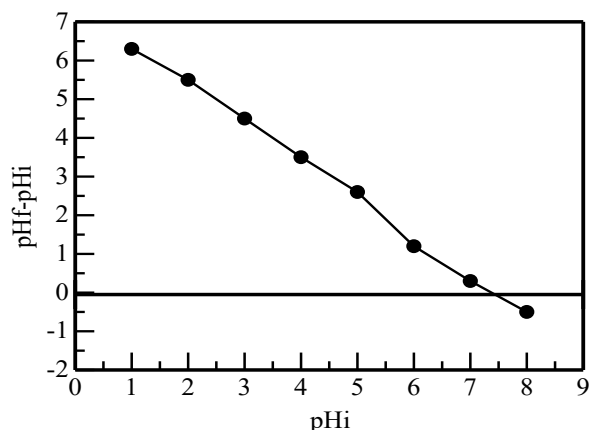
Gambar 2. Hasil SEM cangkang pensil sebelum penyerapan (a) setelah penyerapan (b). Perbesaran: 1000 kali.

Permukaan biosorben mengalami perubahan setelah biosorpsi MY. Gambar 2 (b) menunjukkan rongga / pori diisi oleh molekul zat warna dan permukaan menjadi halus karena permukaan biosorben tertutup oleh lapisan homogen dari molekul MY. Hal ini membuktikan bahwa biosorben cangkang pensil telah menyerap zat warna *metanil yellow* dalam larutan (Fauzia et al., 2015).

### 3.2. Analisis nilai pH titik muatan nol ( $\text{pH}_{\text{pzc}}$ )

Nilai  $\text{pH}_{\text{pzc}}$  penting dipelajari karena terkait dengan muatan permukaan biosorben yang mempengaruhi mekanisme adsorpsi MY. Adsorpsi anion disukai pada  $\text{pH} < \text{pH}_{\text{pzc}}$  sementara adsorpsi kation disukai pada  $\text{pH} > \text{pH}_{\text{pzc}}$  (Sadaf and Bhatti, 2014).

Nilai  $\text{pH}_{\text{pzc}}$  dari cangkang pensil adalah 7.4 seperti yang dapat dilihat pada Gambar 3. Pada nilai pH ini, cangkang pensil memiliki muatan nol atau tidak memiliki muatan positif maupun negatif. Pada  $\text{pH} > \text{pH}_{\text{pzc}}$ , proses adsorpsi sulit terjadi. Hal ini dikarenakan cangkang pensil memiliki muatan negatif yang menyebabkan adanya gaya tolakan elektrostatis antara permukaan biosorben dan molekul MY. Sedangkan pada  $\text{pH} < \text{pH}_{\text{pzc}}$ , proses adsorpsi berlangsung dengan optimal karena permukaan cangkang pensil memiliki muatan positif yang menyebabkan tarikan elektrostatis yang kuat antara permukaan cangkang pensil dengan molekul MY (Sadaf and Bhatti, 2014).



Gambar 3. Kurva  $\text{pH}_{\text{pzc}}$  cangkang pensil

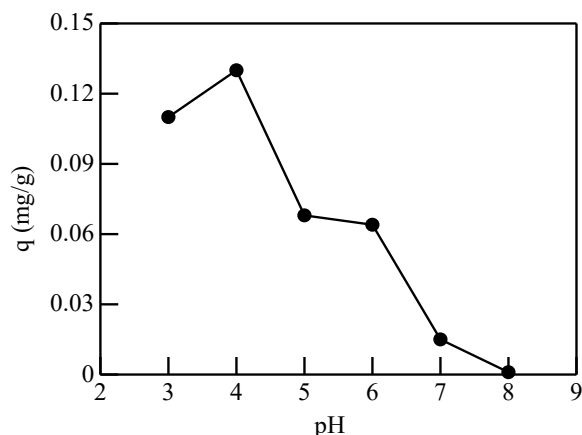
Gugus sulfonat yang terdapat dalam zat warna *metanil yellow* menunjukkan sifat anionik dari MY dalam suasana asam. Sehingga dari nilai  $\text{pH}_{\text{pzc}}$  yang diperoleh dapat diperkirakan penyerapan zat warna *metanil yellow* oleh cangkang pensil yaitu optimum pada pH yang rendah yaitu pada  $\text{pH} < 7.4$ . Beberapa penelitian mengenai pemanfaatan limbah perikanan untuk adsorpsi zat warna yang bersifat anionik dalam suasana asam juga telah dilaporkan. Salah satunya penelitian yang dilakukan oleh Ribeiro et al (2015) menunjukkan penyerapan zat warna *reactive blue 5G* oleh tulang ikan optimum pada pH dibawah nilai  $\text{pH}_{\text{pzc}}$  ( $\text{pH} < 7.6$ ) yaitu pH 2 (Ribeiro et al., 2015).

### 3.3. Pengaruh pH terhadap kapasitas penyerapan *metanil yellow*

Pengaruh nilai pH larutan zat warna merupakan faktor terpenting yang mengontrol proses biosorpsi. pH sistem mempengaruhi sifat permukaan biosorben, mekanisme ionisasi atau disosiasi molekul zat warna dan juga mempengaruhi interaksi elektrostatis antara permukaan biosorben dan molekul adsorbat (Fauzia et al., 2015; Zein et al., 2015). Pengaruh pH larutan pada adsorpsi zat warna *metanil yellow* diselidiki dalam rentang pH 3 sampai 8.

Kapasitas adsorpsi optimal adalah 0,130 mg/g pada pH 4 seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4. Kapasitas adsorpsi awalnya meningkat dari 0,110 mg/g menjadi 0,130 mg/g pada pH 3-4. Pada pH yang lebih tinggi, terjadi penurunan kapasitas adsorpsi dari 0,130 mg/g menjadi 0,001 mg/g pada pH 4 hingga 8. pH

larutan sangat mempengaruhi interaksi elektrostatis antara permukaan biosorben dan molekul zat warna. Pada pH rendah, ada peningkatan ion  $H^+$  yang akan mendorong gaya tarik elektrostatis dengan anion MY sehingga kapasitas adsorpsi meningkat. Sementara pada pH yang lebih tinggi terjadi peningkatan ion  $OH^-$ . Kehadiran ion  $OH^-$  menjadi pesaing baru yang akan bersaing dengan anion MY untuk mengisi situs aktif. Sehingga terjadi tolakan elektrostatis antara permukaan biosorben dan anion zat warna menyebabkan penurunan kapasitas adsorpsi (Singh, 2006).



Gambar 4. Pengaruh pH terhadap kapasitas adsorpsi zat warna *metanil yellow* oleh cangkang pensil: konsentrasi 15 mg/L; massa biosorben 0,1 g; waktu kontak 90 menit; kecepatan pengadukan 100 rpm.

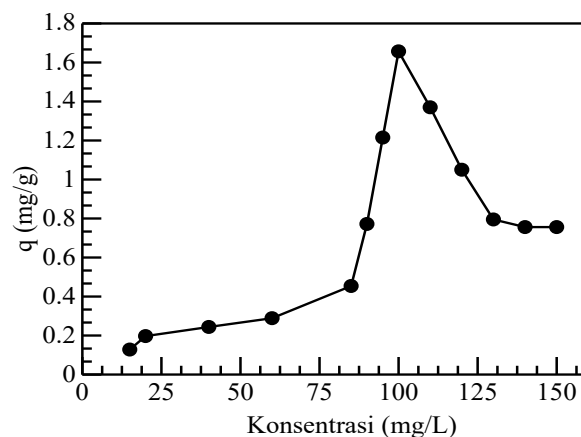
Nilai pH optimum pada penelitian ini dicapai pada pH 4. Hal ini sesuai dengan nilai  $pH_{pzc}$  ( $pH_{pzc} = 7,4$ ), dimana pada  $pH < pH_{pzc}$ , permukaan cangkang pensil didominasi oleh ion  $H^+$  yang menyebabkan tarikan elektrostatis yang kuat antara permukaan cangkang pensil dengan anion MY sehingga adsorpsi MY oleh cangkang pensil optimal terjadi pada pH rendah. Hasil penelitian yang sama juga dilaporkan untuk adsorpsi zat warna *metanil yellow* menggunakan *Bottom Ash* dan *De-oiled Soya* dengan pH optimum diperoleh pada pH 2 (Mittal et al., 2008). Hasil yang sama juga diperoleh dari penelitian yang dilakukan oleh Tural et al (2015) tentang adsorpsi zat warna *metanil yellow* dengan pH optimum yang dicapai pada 4 (Tural et al., 2015).

### 3.4. Pengaruh konsentrasi terhadap kapasitas penyerapan zat warna *metanil yellow*

Proses adsorpsi dipengaruhi oleh konsentrasi adsorbat (zat warna) karena konsentrasi awal zat warna memberikan kekuatan pendorong dalam proses transfer molekul pewarna antara fase cair dan padat sehingga mempengaruhi interaksi antara adsorben dan adsorbat (Almeida et al., 2017). Pengaruh konsentrasi MY pada proses biosorpsi dipelajari dalam rentang 15-150 mg/L pada kondisi pH optimal (pH 4). Gambar. 5 menunjukkan bahwa penyerapan optimum zat warna MY oleh cangkang pensil tercapai pada konsentrasi 100 mg/L dengan kapasitas adsorpsi 1,657 mg/L.

Kapasitas adsorpsi yang meningkat seiring meningkatnya konsentrasi zat warna disebabkan oleh meningkatnya interaksi elektrostatis antara molekul-

molekul MY dan situs aktif pada permukaan cangkang pensil. Selain itu, meningkatnya kapasitas adsorpsi disebabkan oleh jumlah situs aktif untuk berinteraksi dengan molekul MY yang tersedia cukup untuk mengakomodasi jumlah zat warna yang cenderung meningkat. Efisiensi penyerapan zat warna tergantung pada konsentrasi awal zat warna. Pada konsentrasi tinggi akan menghasilkan kekuatan pendorong yang lebih tinggi dari gradien konsentrasi. Kekuatan pendorong mempengaruhi kecepatan difusi pewarna dari larutan ke biosorben (Zein et al., 2015).



Gambar 5. Pengaruh konsentrasi terhadap kapasitas adsorpsi zat warna *metanil yellow* oleh cangkang pensil: pH 4; massa biosorben 0,1 g; waktu kontak 90 menit; kecepatan pengadukan 100 rpm.

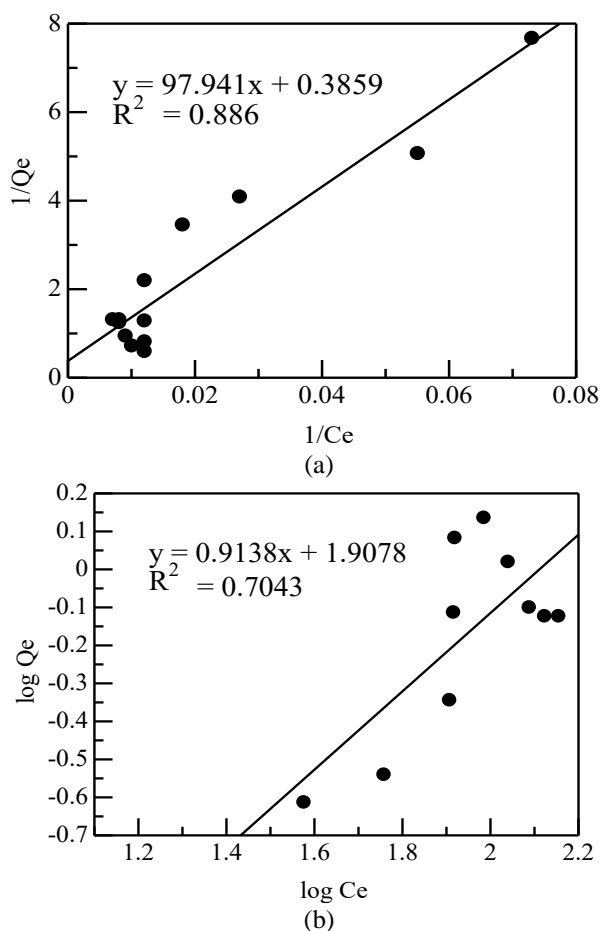
Pada konsentrasi yang lebih tinggi, terjadi penurunan kapasitas adsorpsi karena banyak molekul zat warna tidak terserap yang disebabkan oleh jumlah situs aktif yang tidak sebanding dengan jumlah adsorbat sehingga sisi aktif biosorben mengalami kejenuhan (Chaidir et al., 2015a; Saha et al., 2012). Hasil penelitian yang dilakukan oleh (Isiuku and Onyeokoro, 2018) mengenai adsorpsi zat warna *metanil yellow* oleh membran kulit telur menunjukkan peningkatan konsentrasi sebanding dengan kapasitas adsorpsi dengan konsentrasi optimum 100 mg/L (Isiuku and Onyeokoro, 2018).

### 3.5. Isoterm adsorpsi

Penentuan kesetimbangan adsorpsi dengan model isoterm adsorpsi merupakan pendekatan yang sangat penting untuk menggambarkan bagaimana adsorbat didistribusikan antara fase cair dan padat. Penentuan tipe isoterm adsorpsi bertujuan untuk mengetahui proses adsorpsi yang terjadi antara cangkang pensil sebagai adsorben dan zat warna *metanil yellow* sebagai adsorbat dalam kesetimbangan pada suhu konstan (Zein et al., 2015).

Gambar 6 (a) dan 6 (b) menunjukkan bahwa isoterm Langmuir lebih sesuai untuk proses adsorpsi zat warna *metanil yellow* oleh cangkang pensil. Hal ini dapat dilihat dari nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) dari persamaan linear isoterm Langmuir yang mendekati 1 (lebih besar) dibandingkan persamaan linear isoterm Freundlich. Ini menunjukkan bahwa proses biosorpsi zat warna *metanil yellow* terjadi secara kimia dengan adanya ikatan antara situs aktif pada permukaan biosorben yang tersebar

secara homogen dengan membentuk suatu lapisan monolayer (Sadaf and Bhatti, 2014).



Gambar 6. (a) persamaan linear isoterm Langmuir dan (b) persamaan linear isoterm Freundlich untuk penyerapan zat warna *metanil yellow*.

Nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ), kapasitas penyerapan maksimum ( $Q_m$ ), konstanta kesetimbangan ( $K$ ), dan afinitas adsorpsi ( $1/n$ ) dapat dilihat pada Tabel 1. Nilai-nilai tersebut dihitung dari nilai *slope* dan *intersep* persamaan linear isoterm Langmuir dan Freundlich.

Tabel 1.

Koefisien Isoterm Langmuir dan Freundlich pada penyerapan zat warna *metanil yellow* menggunakan cangkang pensil

Isoterm Langmuir			Isoterm Freundlich		
$q_m$ (mg/g)	$K_L$ (L/mg)	$R^2$	$K_F$	$1/n$	$R^2$
2,591	0,00394	0,886	0,012	0,913	0,7043

Nilai parameter kesetimbangan ( $R_L$ ) menunjukkan tingkat kesesuaian adsorben terhadap adsorbat yang digunakan untuk menunjukkan apakah adsorpsi berlangsung dengan baik (menguntungkan) atau tidak (Inyinbor et al., 2015). Pada penelitian ini nilai  $R_L$  berkisar antara 0,628 hingga 0,944 dimana nilai tersebut berada pada kondisi  $0 < R_L < 1$ . Berdasarkan nilai  $R_L$  tersebut dapat disimpulkan bahwa proses adsorpsi zat

warna *metanil yellow* oleh cangkang pensil berlangsung dengan baik (*favorable*). Penelitian yang sama mengenai penyerapan zat warna anionik *tartrazine* oleh karbon aktif *Lantana camara* menunjukkan nilai  $R_L$  berada pada rentang 0-1 yang menunjukkan proses adsorpsi yang berlangsung baik (menguntungkan) (Gautam et al., 2015).

#### 4. Kesimpulan

Cangkang pensil dapat digunakan sebagai biosorben zat warna *metanil yellow* pada kondisi optimum diperoleh pada pH 4, konsentrasi 100 mg/L, massa 0,1 g, waktu kontak 90 menit dan kecepatan pengadukan 100 rpm. Adsorpsi isoterm mengikuti model isoterm Langmuir dengan kapasitas adsorpsi maksimum ( $q_m$ ) adalah 2,591 mg/g. Nilai parameter kesetimbangan menunjukkan proses adsorpsi zat warna *metanil yellow* berlangsung dengan baik.

#### Ucapan terima kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Kementerian Riset dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia yang telah mendanai penelitian ini sesuai dengan nomor kontrak: 050/SP2H/LT/DRPM/2018.

#### Daftar pustaka

- Albroomi, H.I., Elsayed, M.A., Baraka, A., Abdelmaged, M.A., 2017. Batch and fixed-bed adsorption of tartrazine azo-dye onto activated carbon prepared from apricot stones. *Appl. Water Sci.* 7, 2063–2074.
- Alencar, W.S., Acayanka, E., Lima, E.C., Royer, B., de Souza, F.E., Lameira, J., Alves, N., 2012. Application of *Mangifera indica* (mango) seeds as a biosorbent for removal of Victazol Orange 3R dye from aqueous solution and study of the biosorption mechanism. *Chem. Eng. J.* 209, 577–588.
- Almeida, J.M.F., Oliveira, É.S., Silva, I.N., De Souza, S.P.M.C., Fernandes, N.S., 2017. Adsorption of erichrome black T from aqueous solution onto expanded perlite modified with orthophenanthroline. *Rev. Virtual Quim.* 9, 502–513.
- Benkhaya, S., Harfi, S. El, Harfi, A. El, 2017. Classifications, properties and applications of textile dyes: A review. *Appl. J. Environ. Eng. Sci.* 3, 311–320.
- Chaidir, Z., Furqani, F., Zein, R., Munaf, E., 2015a. Utilization of *Annona muricata* L. seeds as potential adsorbents for the removal of rhodamine B from aqueous solution. *J. Chem. Pharm. Res.* 7, 879–888.
- Chaidir, Z., Zein, R., Sagita, D.T., Munaf, E., 2015b. Bioremoval of methyl orange dye using durian fruit (*Durio zibethinus*) Murr seeds as biosorbent. *J. Chem. Pharm. Res.* 7, 589–599.
- Contreras, E., Sepúlveda, L., Palma, C., 2012. Valorization of agroindustrial wastes as biosorbent for the removal of textile dyes from aqueous solutions. *Int. J. Chem. Eng.* 2012.
- Daniel, M., Luna, G.D., Flores, E.D., Angela, D., Genuino, D., Futralan, C.M., Wan, M., 2013.

- Adsorption of Eriochrome Black T (EBT) dye using activated carbon prepared from waste rice hulls — Optimization, isotherm and kinetic studies. *J. Taiwan Inst. Chem. Eng.* 44, 646–653.
- Djelloul, C., Hamdaoui, O., 2015. Dynamic adsorption of methylene blue by melon peel in fixed-bed columns. *Desalin. Water Treat.* 56, 2966–2975.
- Elamari, L., Areibat, M., Kamari, A., 2017. Razor Clam (*Ensis directus*) Shell as a Low-cost Adsorbent for the Removal of Congo Red and Rhodamine B Dyes from Aqueous Solution, in: International Conference on Education, Mathematics and Science 2016 (ICEMS2016) in Conjunction with the 4th International Postgraduate Conference on Science and Mathematics 2016 (IPCSM2016). American Institute of Physics, Malaysia.
- Fauzia, S., Furqani, F., Zein, R., Munaf, E., 2015. Adsorption and reaction kinetics of tetracycline by using *Annona muricata* L seeds. *J. Chem. Pharm. Res.* 7, 573–582.
- Gautam, R.K., Gautam, P.K., Banerjee, S., Rawat, V., Soni, S., Sharma, S.K., Chattopadhyaya, M.C., 2015. Removal of tetracycline by activated carbon biosorbents of *Lantana camara*: Kinetics, equilibrium modeling and spectroscopic analysis. *J. Environ. Chem. Eng.* 3, 79–88. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2014.11.026>
- Gupta, V.K., Suhas, 2009. Application of low-cost adsorbents for dye removal - A review. *J. Environ. Manage.* 90, 2313–2342. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2008.11.017>
- Inyinbor, A.A., Adekola, F.A., Olatunji, G.A., 2015. Adsorption of Rhodamine B dye from aqueous solution on *Irvingia gabonensis* biomass: Kinetics and thermodynamics studies. *South African J. Chem.* 68, 115–125.
- Isiuku, B.O., Onyeokoro, J.O., 2018. Batch Biosorption of Metanil Yellow from Aqueous Solution on Egg Membrane: Kinetics and Mechanism. *Int. J. Chem. Mater. Environ. Res.* 5, 155–164.
- Islam, K.N., Zuki, A.B.Z., Ali, M.E., Hussein, B.M., Noordin, M.M., Loqman, M.Y., Wahid, H., Hakim, M.A., Hamid, S.B.A., 2012. Facile synthesis of calcium carbonate nanoparticles from cockle shells. *J. Nanomater.* 2012.
- Jeyajothi, K., 2014. Removal of dyes from textile wastewater using Orange peel as adsorbent. *J. Chem. Pharm. Sci.* 161–163.
- Khedr, S.A., Shouman, M.A., Attia, A.A., 2013. Adsorption studies on the removal of cationic dye from shrimp shell using chitin. *Biointerface Res. Appl. Chem.* 3, 507–519.
- Messaoudi, E.N., Elkhomri, M., Dbik, A., Bentahar, S., Lacherai, A., Bakiz, B., 2016. Biosorption of Congo red in a fixed-bed column from aqueous solution using jujube shell: Experimental and mathematical modeling. *J. Environ. Chem. Eng.* 4, 3848–3855.
- Mittal, A., Gupta, V.K., Malviya, A., Mittal, J., 2008. Process development for the batch and bulk removal and recovery of a hazardous, water-soluble azo dye (Metanil Yellow) by adsorption over waste materials (Bottom Ash and De-Oiled Soya). *J. Hazard. Mater.* 151, 821–832.
- Ravi, T., Stanley, A.L., Narendrakumar, G., Rao, A.K.S., 2015. Extraction of chitosan from prawn shell waste and its application in dye decolorization. *J. Chem. Pharm. Res.* 7, 695–703.
- Reddy, M.C., Sivaramakrishna, L., Reddy, A., 2012. The use of an agricultural waste material, Jujuba seeds for the removal of anionic dye (Congo red) from aqueous medium. *J. Hazard. Mater.* 203–204, 118–127.
- Rehman, R., Mahmud, T., Anwar, J., 2012. Biosorptive Treatment of Acid Yellow-73 Dye Solution with Chemically Modified *Eugenia jambolana* Seeds. *J. - Chemical Soc. Pakistan* 34, 1120–1126.
- Ribeiro, C., Scheufele, F.B., Espinoza-Quñones, F.R., Módenes, A.N., da Silva, M.G., Vieira, M.G., Borba, C., 2015. Characterization of *Oreochromis niloticus* fish scales and assessment of their potential on the adsorption of reactive blue 5G dye. *Colloids Surfaces A Physicochem. Eng. Asp.* 482, 693–701.
- Saba, B., Christy, A.D., Jabeen, M., 2016. Kinetic and Enzymatic Decolorization of Industrial Dyes Utilizing Plant-Based Biosorbents: A Review. *Environ. Eng. Sci.* 33, 601–614.
- Sadaf, S., Bhatti, H.N., 2014. Batch and fixed bed column studies for the removal of Indosol Yellow BG dye by peanut husk. *J. Taiwan Inst. Chem. Eng.* 45, 541–553.
- Saha, P., Chakraborty, S., Chowdhury, S., 2012. Batch and continuous (fixed-bed column) biosorption of crystal violet by *Artocarpus heterophyllus* (jackfruit) leaf powder. *Colloids Surfaces B Biointerfaces* 92, 262–270.
- Singh, T.S., 2006. Investigations on reduction of colour from pulp and paper mill effluent by activated coconut jute carbon. *J. Water Supply Res. Technol. - AQUA* 55, 57–64.
- Sivakumar, P., Palanisamy, P.N., 2009. Packed bed column studies for the removal of Acid blue 92 and Basic red 29 using non-conventional adsorbent. *Indian J. Chem. Technol.* 16, 301–307.
- Sulyman, M., Namiesnik, J., Gierak, A., 2017. Low-cost Adsorbents Derived from Agricultural By-products / Wastes for Enhancing Contaminant Uptakes from Wastewater: A Review. *Polish J. Environ. Stud.* 26, 479–510. <https://doi.org/10.15244/pjoes/66769>
- Sushmita, B., Chattopadhyaya, M.C., 2017. Adsorption characteristics for the removal of a toxic dye, tetracycline from aqueous solutions by a low cost agricultural by-product. *Arab. J. Chem.* 10, S1629–S1638.
- Tural, S., Tarhan, T., Tural, B., 2015. Removal of hazardous azo dye Metanil Yellow from aqueous solution by cross-linked magnetic biosorbent; equilibrium and kinetic studies. *Desalin. Water Treat.* 1–10.
- Zein, R., Astuti, A.W., Wahyuni, D., Furqani, F., Munaf, E., 2015. Removal of Methyl Red from Aqueous Solution by *Nephrhelium lappaceum*. *Res. J. Pharm., Biol. Chem. Sci.* 6, 86–97.
- Zein, R., Suhaili, R., Earnestly, F., Indrawati, Munaf, E., 2010. Removal of Pb(II), Cd(II) and Co(II) from aqueous solution using *Garcinia mangostana* L. fruit shell. *J. Hazard. Mater.* 181, 52–56.

Zein, R., Syukri, S., Muhammad, M., Pratiwi, I., Yutaro, D.R., 2018. The ability of pensi (*Corbicula moltkiana*) shell to adsorb Cd ( II ) and Cr ( VI ) ions, in: AIP Conference Proceedings. [https://doi.org/](https://doi.org/10.1063/1.5064096)

10.1063/1.5064096  
Zeswita, A., Safitri, E., 2015. Karakterisasi morfomerik pensi (*Corbicula moltkiana* Prime) pada dua ekosistem yang berbeda. *BioCONCETTA* 1, 49–58.